

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-200348

(43)Date of publication of application : 24.07.2001

(51)Int.Cl.

G22C 38/38

G22C 38/00

G22C 38/58

G23C 8/22

G23C 8/26

G23C 8/32

F16H 55/06

(21)Application number : 2000-041973

(71)Applicant : DAIDO STEEL CO LTD

(22)Date of filing : 17.01.2000

(72)Inventor : ITO JUICHI

HANIYUDA TOMONORI

NAKAMURA SADAYUKI

## (54) GEAR COUPLE EXCELLENT IN SURFACE FATIGUE STRENGTH

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a gear couple excellent in surface fatigue strength.

SOLUTION: The gear couple excellent in surface fatigue strength is constituted of power transmission gears made of steel and consists of: a driving gear having 650-950 HV surface hardness of tooth flank and 10-30% amount of retained austenite; and a driven gear in which the amount of retained austenite at the surface is larger by  $\geq 7\%$  than that of the driving gear and which has 400-750 HV surface hardness and 650-800 HV hardness at a depth of 0.4 mm from the surface.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-200348

(P2001-200348A)

(43) 公開日 平成13年 7 月24日 (2001.7.24)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
C 2 2 C 38/38		C 2 2 C 38/38	3 J 0 3 0
38/00	3 0 1	38/00	3 0 1 N 4 K 0 2 8
38/58		38/58	
C 2 3 C 8/22		C 2 3 C 8/22	
8/26		8/26	

審査請求 未請求 請求項の数 3 書面 (全 6 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-41973(P2000-41973)

(22) 出願日 平成12年 1 月17日 (2000.1.17)

(71) 出願人 000003713

大同特殊鋼株式会社

愛知県名古屋市中区錦一丁目11番18号

(72) 発明者 伊藤 樹一

愛知県東海市加木屋町南鹿持18番地

(72) 発明者 羽生田 智紀

愛知県名古屋市緑区滝ノ水四丁目503番地

(72) 発明者 中村 貞行

三重県三重郡朝日町大字柿3094番地

Fターム(参考) 3J030 AC10 BC03

4K028 AA01 AA03 AB01 AB06

(54) 【発明の名称】 面疲労強度に優れた歯車対

(57) 【要約】

【目的】 面疲労強度に優れた歯車対。

【構成】 動力伝達する鋼製の歯車において、歯面の表面硬さが650～950HVかつ残留オーステナイト量が10～30%である駆動側歯車と、表面の残留オーステナイト量が駆動側歯車よりも7%以上多く、表面硬さが400HV～750HV、表面から0.4mm深さの硬さが650HV～800HVである従動側歯車からなることを特徴とする優れた面疲労強度が得られる歯車対。

(2)

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 動力伝達する鋼製の歯車において、歯面の表面硬さが 650～950HV かつ残留オーステナイト量が 10～30% である駆動側歯車と、表面の残留オーステナイト量が駆動側歯車よりも 7% 以上多く、表面硬さが 400HV～750HV、表面から 0.4mm 深さの硬さが 650HV～800HV である従動側歯車からなることを特徴とする面疲労強度が優れた歯車対。

【請求項 2】 重量%で、C: 0.10～0.40%, Si: 0.05～1.50%, Mn: 0.3～1.5%, S: 0.005～0.500%, Cr: 0.3～5.0%, Al: 0.01～0.70%, N: 0.001～0.030% を含有し、残部実質的に Fe からなる鋼を素材として、浸炭あるいは浸炭窒化処理を施し、歯面の表面硬さが 650～950HV かつ残留オーステナイト量が 10～30% である駆動側歯車と、浸炭窒化処理を施した、表面の残留オーステナイト量が駆動側歯車よりも 7% 以上多く、表面硬さが 400HV～750HV、表面から 0.4mm 深さの硬さが 650HV～800HV である従動側歯車からなることを特徴とする面疲労強度が優れた歯車対。

【請求項 3】 請求項 2 に記載の合金に加え、Ni: 0.05～3.00%, Mo: 0.1～5.0%, V: 0.01～0.50%, W: 0.05～1.00%, Nb: 0.005～0.100%, B: 0.001～0.005%, Ti: 0.01～0.10%, Ca: 0.001～0.030 から選んだ 1 種または 2 種以上を含有し、残部実質的に Fe からなる鋼を素材として、浸炭あるいは浸炭窒化処理を施し、歯面の表面硬さが 650～950HV かつ残留オーステナイト量が 10～30% である駆動側歯車と、浸炭窒化処理を施した、表面の残留オーステナイト量が駆動側歯車よりも 7% 以上多く、表面硬さが 400HV～750HV、表面から 0.4mm 深さの硬さが 650HV～800HV である従動側歯車からなることを特徴とする面疲労強度が優れた歯車対。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、産業用機械や自動車用変速機に最適な、面疲労強度に優れた歯車対に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 自動車用の変速機に使用される歯車は、JIS 規格の SCr420H や SCM420H のような肌焼き鋼を歯車形状に成形した後、浸炭焼入れ焼戻しをすることにより製造されている。

【0003】 歯車対において、ピitting は、駆動側歯車に多く発生する。このため、駆動側歯車の熱処理あるいは表面処理を変えることにより、ピitting 寿命向上が図られてきた。表面硬さを向上させることによるピitting 寿命向上は、炭化物などの析出により実現

2

されてきたが、硬い炭化物に擦られて、表面粗さが悪化してピitting 寿命向上には限界がある。このため、表面粗さを考慮して、軟らかい表面とした場合には、歯元曲げ疲労強度が低下するため、面疲労強度と歯元曲げ疲労強度の両立が必要である。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の目的は、自動車用変速機に代表される、過酷な条件下で使用される歯車対であって、歯元曲げ疲労強度を確保しつつ、耐ピitting 性が優れ、長寿命の歯車を実現することのできる肌焼鋼を提供することにある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 上記の目的を達成するための第一の発明は、歯面の表面硬さが 650～950HV かつ残留オーステナイト量が 10～30% である駆動側歯車と、表面の残留オーステナイト量が駆動側歯車よりも 7% 以上多く、表面硬さが 400HV～750HV、表面から 0.4mm 深さの硬さが 650HV～800HV である従動側歯車からなることを特徴とする。

【0006】 上記の目的を達成するための第二の発明は、重量%で、C: 0.10～0.40%, Si: 0.05～1.50%, Mn: 0.3～1.5%, S: 0.005～0.500%, Cr: 0.3～5.0%, Al: 0.01～0.70%, N: 0.001～0.030% を含有し、残部実質的に Fe からなる鋼を素材として、浸炭あるいは浸炭窒化処理を施し、歯面の表面硬さが 650～950HV かつ残留オーステナイト量が 10～30% である駆動側歯車と、浸炭窒化処理を施した、表面の残留オーステナイト量が駆動側歯車よりも 7% 以上多く、表面硬さが 400HV～750HV、表面から 0.4mm 深さの硬さが 650HV～800HV である従動側歯車からなることを特徴とする。

【0007】 上記の目的を達成するための第三の発明は、上記の基本的な合金に加えて、下記のグループの一つまたは二つ以上の合金成分を、任意に含有することができる。Ni: 0.05～3.00%, Mo: 0.1～5.0%, V: 0.01～0.50%, W: 0.05～1.00%, Nb: 0.005～0.100%, B: 0.001～0.005%, Ti: 0.01～0.10% および Ca: 0.001～0.030%。

## 【0008】

【作用】 本発明においては、特に残留オーステナイト量に注目した。浸炭窒化処理や Ni などの合金を多量に含有したことにより、表面に軟らかい残留オーステナイトが多く生成した場合には、歯面の接触により表面が平滑化し、摩擦力が低下する。歯車表面の摩擦係数低下により、すべりと面圧により発生する応力も低下するので、表面損傷のピitting が発生しにくくなる。しかし、歯面が受ける応力は、引張りと圧縮の繰り返しであるため、疲労強度が問題になる。疲労強度を向上させるに

(3)

3

は、表面硬さを高くすることが有効であるが、残留オーステナイトが多く表面硬さが低い場合には、表面にき裂が入りやすく、ピittingが発生する。このため、駆動側歯車と従動側歯車の残留オーステナイト量をそれぞれ変えて試験した結果、我々は、駆動側よりも従動側の歯車の残留オーステナイト量を多くすることにより、面疲労強度が向上することを見出した。これは、従動側歯車の残留オーステナイト量を多くすることにより、ピittingが問題になっている駆動側歯車の表面硬さは下がらないのでピittingは発生しない。また、従動側歯車は、残留オーステナイト量が増加して、表面硬さが低下したとしても、もともとピittingが発生しにくいのでピittingは発生しない。そして、浸炭窒化処理による表面平滑化により摩擦力が低下して、大幅に面疲労強度を高めることができる。この効果が得られるのは、駆動側よりも従動側歯車の残留オーステナイト量が7%以上多くすることが必要である。また、従動側歯車が内部起点の破壊を起こさないために表面から0.4mm深さの硬さが650HV以上必要である。

【0009】

【発明の実施の形態】以下に限定理由について説明する。

【0010】駆動側歯車の表面硬さ650～950HV  
駆動側歯車の表面硬さが低い場合には、歯元曲げ疲労強度が低下する。また、表面にき裂が入りやすく、ピittingが発生しやすくなる。このため、650HV以上必要である。浸炭や過共析浸炭の焼入焼戻し材では950HV以上の硬さは出しにくいので上限とする。

【0011】駆動側歯車の残留オーステナイト量を10～30%

駆動側の残留オーステナイト量が少ない場合には、衝撃値が低下するため10%以上必要である。残留オーステナイト量が多い場合には、表面硬さが低下するため、歯元曲げ疲労強度が低下する。このため、30%を上限とする。

【0012】従動側歯車の残留オーステナイト量は、駆動側よりも7%以上多い

駆動側より従動側の残留オーステナイト量が多くなければ、き裂が駆動側に発生してしまう。このため、残留オーステナイト量は、駆動側より従動側歯車の方が7%以上多くする必要がある。

【0013】従動側歯車の表面硬さ400HV～750HV

従動側歯車表面は、硬さがあまり低いと歯元曲げ疲労強度が低下する。このため400HV以上の表面硬さが必要がある。しかし、表面硬さが高い場合には、平滑化しにくくなるので、上限を750HVとする。

【0014】従動側歯車の表面から0.4mm深さの硬さを650HV～800HV

歯車の歯面は、すべりと面圧により最大せん断応力が働

4

き、この部分の硬さが低い場合には、内部起点の破壊に至る。位置としては、表面から0.4mm付近の場合が多い。この位置の硬さが低い場合には、歯面にスポーリング破壊が発生するため、表面から0.4mmの硬さは650HV以上とする。また、800HVを超える硬さにはなりにくいので、上限を800HVとする。

【0015】

【発明の成分の形態】本発明は、上記条件において、各合金成分のはたらきと、組成範囲の限定理由を説明すれば、次のとおりである。

C: 0.10～0.40%

歯車の心部の硬さを確保するため、Cを0.10%以上存在させる必要がある。C量が高くなると、熱間鍛造で歯車の素材を得て、これを焼ならした後の硬さが高くなり過ぎて、切削が困難になる。0.40%が適切な量の上限である。

【0016】Si: 0.05～1.50%

Siは、脱酸に役立つため、少なくとも0.05%は添加すべきである。しかし、多量の添加は、組成加工時の加工抵抗が大きくなるほか、浸炭性を低下させるので、1.50%を上限とする。

【0017】Mn: 0.3～1.5%

Mnも脱酸剤であるうえ、焼入性を高める。この効果は、0.3%以上の添加で明確に得られる。多量に添加すると焼ならし後の硬さが高くなって、Cについて上記したところと同じ不利益が出てくるから、上限1.5%を設けた。

【0018】S: 0.005～0.500%

耐ピitting性の観点からは、Sはこのまじく存在ではあるが、その問題が顕著にならない範囲で快削元素として利用するのが得策である。0.005%は被削性改善が認められる下限として、0.500%は耐ピitting性を損なわない上限として、それぞれ選択した。

【0019】Cr: 0.3～5.0%

Crは表面のC濃度を高めて浸炭を促進する。しかし、この効果が過ぎると浸炭異常層が発生し、粒界酸化を招いて硬さの低い部分ができてしまう。0.3～5.0%の範囲は、これらの兼ね合いで定めた。

【0020】Al: 0.01～0.70%

窒化物生成による結晶粒微細化のため、0.01%以上の添加が必要である。しかし、多量の添加をすると、圧延時に地疵が多く発生して好ましくない。0.70%が限度である。

【0021】N: 0.001～0.030%

Nは、鋼中でAl, B, Tiと窒化物を生成して、結晶粒を微細化する。しかし、多量の添加は、窒化物を粗大化させる。このため、0.001～0.030%とした。

【0022】また、強度を高めるため、下記の元素の1

50

(4)

5

種または2種以上を含有することができる

【0023】Ni: 0.05~3.00%

Niは韌性を高める効果があるから、必要に応じて、効果が明確になる0.2%以上の量を添加する。被削性にとっては不利な成分で、3.00%が実用上の限度である。

【0024】Mo: 0.1~5.0%

Moは浸炭層の焼入性を大幅に増大させ、不完全焼入層を生成を抑制するのに有効な元素である。また、炭化物生成元素でもあるので表面硬さをより高めることができる。しかし、多量に添加してもこれらの効果は飽和する。このため、Moは、0.1~5.0%の範囲とする。

【0025】V: 0.01~0.50%

鋼中で炭窒化物を形成してSiの偏析を抑制し、疲労寿命のばらつきを防止するのに有効な元素である。この効果を発揮するにはV含有量0.01%以上を必要とする。しかし、過剰に添加してもその効果は飽和し、鋼の変態点をたかめるので、0.50%を上限とする。

【0026】W: 0.05~1.00%

炭化物を形成して耐摩耗性を確保する。この効果が明確に得られる下限値の、0.05%以上添加することが好ましい。多量に添加すると、被削性を低下させるので、上限を1.00%とする。

【0027】Nb: 0.005~0.100%

Nbは、結晶粒の微細化ないし粗大化防止に有効である。その効果は、0.005%の少量から認められ、0.100%に至ると飽和する。

【0028】B: 0.001~0.005%

Bは、微量添加でいちじるしく焼入を向上させるとともに粒界のP偏析を抑制し、韌性を改善する効果がある。この効果は、0.001%未満の含有量ではその効果は少なく、0.005%を超えて含まれてもその効果は飽

6

和し、また赤熱脆性を起こす。

【0029】Ti: 0.01~0.10%

強力な窒化物生成による結晶粒微細化のため、0.01%以上の添加が必要である。しかし、多量の添加は、巨大な窒化物が生成により歯車の強度を低下させる。このため、上限を0.10%と規定する。

【0030】Ca: 0.001~0.030

強力な脱酸剤であるとともに硫化物を微細な粒状に析出させるので衝撃抵抗を向上させる。これらの効果は、0.001%以上の添加が必要であるが、多量に添加された場合には、効果が飽和するため、0.030%を上限とする。

【0031】

【実施例】以下に実施例を挙げて本発明を説明する。表1に示す肌焼鋼を溶製後、熱間圧延により直径92mmの丸棒を製造した。次いで、はすば歯車試験片（モジュール2.5 圧力角20度 ねじれ角25度 歯幅12mm 駆動側26枚 従動側30枚）を作製した。次に、図1に示す浸炭焼入（表面炭素濃度0.8~1.5%）あるいは、図2に示す浸炭窒化（表面炭素濃度0.8~1.2%、窒素濃度0.1~1.0%）焼入れ後に焼戻処理（160℃×2hr）した。発明例4~12と比較例BCDには、ショットピーニング処理を施した。また、発明例5~15と比較例CDEは、表面を0.1mm研削した。硬さは、歯車のピッチ点で測定し、表面硬さは、0.05mm深さの硬さを測定した。残留オーステナイト量は、歯面をX線回折装置で測定した。歯車試験は、トルク300Nm、回転数3000rpm、油温130℃とした。寿命は、ピッチング面積率が3%以上となった時とした。試験結果を表2に示す。

【0032】

【表1】

(5)

	歯車	C	Si	Mn	S	Cr	Al	N	その他	熱処理
発明例 1	駆動側	0.19	0.25	0.71	0.014	1.03	0.031	0.014	-	浸炭
	従動側	0.21	0.09	0.31	0.012	0.35	0.028	0.012	2.1Ni	浸炭
発明例 2	駆動側	0.21	0.26	0.77	0.014	1.13	0.024	0.014	-	浸炭
	従動側	0.21	0.26	0.77	0.014	1.13	0.024	0.014	-	浸炭窒化
発明例 3	駆動側	0.18	0.47	0.31	0.017	2.71	0.029	0.017	-	浸炭
	従動側	0.18	0.47	0.31	0.017	2.71	0.029	0.017	-	浸炭窒化
発明例 4	駆動側	0.20	0.41	0.51	0.012	0.71	0.033	0.016	-	浸炭
	従動側	0.22	0.26	0.31	0.019	1.56	0.028	0.016	-	浸炭窒化
発明例 5	駆動側	0.21	0.52	0.59	0.017	2.59	0.014	0.015	-	浸炭
	従動側	0.19	0.43	0.97	0.009	1.06	0.037	0.016	-	浸炭窒化
発明例 6	駆動側	0.18	0.55	0.33	0.014	2.16	0.029	0.014	-	浸炭
	従動側	0.15	0.13	0.38	0.013	2.57	0.028	0.016	-	浸炭窒化
発明例 7	駆動側	0.21	0.35	0.49	0.016	1.12	0.031	0.014	1.9Ni, 0.3Mo	浸炭
	従動側	0.32	0.25	0.91	0.027	1.55	0.032	0.019	-	浸炭窒化
発明例 8	駆動側	0.15	0.41	0.53	0.014	1.16	0.034	0.014	0.003B	浸炭
	従動側	0.26	0.18	0.73	0.018	1.62	0.035	0.016	-	浸炭窒化
発明例 9	駆動側	0.17	0.55	0.33	0.014	2.76	0.031	0.014	0.31V	浸炭
	従動側	0.31	0.57	0.97	0.020	1.31	0.028	0.017	1.2Ni	浸炭窒化
発明例 10	駆動側	0.18	0.75	0.39	0.016	1.12	0.031	0.014	0.05Nb, 0.03Ti	浸炭
	従動側	0.25	0.50	0.87	0.014	1.11	0.029	0.018	-	浸炭窒化
発明例 11	駆動側	0.21	0.42	0.59	0.013	0.83	0.214	0.014	1.9Ni, 0.2V	浸炭
	従動側	0.18	0.19	0.33	0.019	2.22	0.030	0.016	-	浸炭窒化
発明例 12	駆動側	0.21	0.42	0.59	0.013	0.83	0.024	0.013	0.54Mo	浸炭窒化
	従動側	0.18	0.49	0.35	0.015	1.95	0.034	0.014	-	浸炭窒化
発明例 13	駆動側	0.21	0.42	0.59	0.013	0.83	0.214	0.013	0.21Mo	浸炭窒化
	従動側	0.19	0.09	0.33	0.018	2.11	0.033	0.018	-	浸炭窒化
発明例 14	駆動側	0.21	0.23	0.39	0.013	1.33	0.034	0.014	1.2Ni	浸炭窒化
	従動側	0.38	0.08	0.55	0.015	1.10	0.021	0.016	1.9Ni	浸炭窒化
発明例 15	駆動側	0.21	0.08	0.49	0.013	0.73	0.033	0.015	0.75Mo	浸炭窒化
	従動側	0.22	0.19	0.87	0.022	1.31	0.008	0.016	0.0021Ca	浸炭窒化
比較例 A	駆動側	0.21	0.26	0.77	0.014	1.13	0.024	0.014	-	浸炭
	従動側	0.21	0.26	0.77	0.014	1.13	0.024	0.014	-	浸炭
比較例 B	駆動側	0.20	0.41	0.51	0.012	0.71	0.033	0.016	-	浸炭
	従動側	0.20	0.41	0.51	0.012	0.71	0.033	0.016	-	浸炭
比較例 C	駆動側	0.18	0.55	0.33	0.014	2.16	0.029	0.014	-	浸炭
	従動側	0.18	0.55	0.33	0.014	2.16	0.029	0.014	-	浸炭
比較例 D	駆動側	0.15	0.13	0.38	0.013	2.57	0.028	0.016	-	浸炭窒化
	従動側	0.18	0.55	0.33	0.014	2.16	0.029	0.014	-	浸炭
比較例 E	駆動側	0.19	0.09	0.33	0.018	2.11	0.033	0.018	-	浸炭窒化
	従動側	0.21	0.42	0.59	0.013	0.83	0.214	0.013	0.21Mo	浸炭

【0033】

【表2】

(6)

9

10

	駆動側歯車		従動側歯車		残留 $\gamma$ * 従動側- 駆動側(%)	ピッチング寿命
	表面硬さ (HV)	残留 $\gamma$ (%)	表面硬さ (HV)	0.4mm深さの 硬さ(HV)		
発明例 1	737	13	676	734	13	$7.5 \times 10^4$
発明例 2	734	16	533	692	15	$8.1 \times 10^4$
発明例 3	747	23	452	703	27	$1.0 \times 10^5$ 以上
発明例 4	861	13	711	785	10	$7.6 \times 10^4$
発明例 5	826	16	594	703	15	$8.3 \times 10^4$
発明例 6	747	18	465	688	24	$1.0 \times 10^5$ 以上
発明例 7	724	23	566	721	8	$7.1 \times 10^4$
発明例 8	767	19	541	706	17	$8.8 \times 10^4$
発明例 9	881	17	681	722	13	$8.2 \times 10^4$
発明例 10	777	21	720	731	9	$7.3 \times 10^4$
発明例 11	798	23	498	728	14	$9.1 \times 10^4$
発明例 12	731	25	558	708	12	$8.0 \times 10^4$
発明例 13	702	23	473	694	15	$8.4 \times 10^4$
発明例 14	678	25	611	720	8	$7.3 \times 10^4$
発明例 15	719	23	701	732	9	$7.6 \times 10^4$
比較例 A	734	16	734	739	0	$3.2 \times 10^4$
比較例 B	861	13	861	781	0	$2.1 \times 10^4$
比較例 C	747	18	747	734	0	$2.4 \times 10^4$
比較例 D	465	42	747	734	-24	$1.3 \times 10^4$
比較例 E	473	38	702	702	-15	$1.8 \times 10^4$

\*:従動側歯車の残留オーステナイト量-駆動側歯車の残留オーステナイト量

【0034】表2から明らかなように、比較例A～Cのように駆動側と従動側歯車の残留オーステナイト量が同じ(従動側-駆動側=0)歯車対あるいは、比較例D、Eのように駆動側歯車の表面硬さが低く、かつ駆動側歯車の残留オーステナイト量が多い歯車対はピッチング寿命が低いことを示している。これにたいし本発明例1～15のように所定の表面硬さに調整し、かつ駆動側よりも従動側の残留オーステナイト量を多くした歯車対では、歯車ピッチング寿命が比較例の歯車対に比べて数倍以上に延びていることがわかる。

20 【0035】

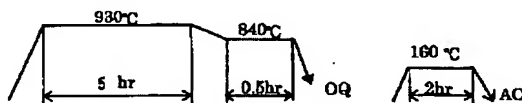
【発明の効果】本発明は、歯車対の残留オーステナイト量に注目して、ピッチングが発生しにくい従動側歯車の残留オーステナイト量を多くすることによって、面疲労強度に優れた歯車対を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

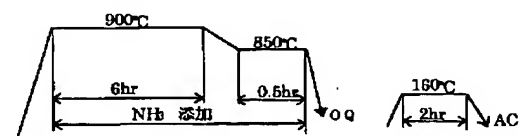
【図1】発明の実施例にて用いた浸炭焼入焼戻し処理の説明図

【図2】発明の実施例にて用いた浸炭窒化焼入焼戻し処理の説明図

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

C 2 3 C 8/32

F 1 6 H 55/06

識別記号

F I

C 2 3 C 8/32

F 1 6 H 55/06

ターマコード(参考)